

## RADIOACTIVE MATERIAL STORAGE FACILITY

**Patent number:** JP2001296392  
**Publication date:** 2001-10-26  
**Inventor:** OKADA KATSUYA; MOCHIDA TETSUO  
**Applicant:** TAKENAKA KOMUTEN CO  
**Classification:**  
- **International:** G21F9/36; G21C19/06  
- **European:**  
**Application number:** JP20000114765 20000417  
**Priority number(s):** JP20000114765 20000417

Abstract not available for JP2001296392

---

Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY

This Page Blank (uspto)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-296392

(P2001-296392A)

(43) 公開日 平成13年10月26日 (2001. 10. 26)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

G 2 1 F 9/36

G 2 1 C 19/06

識別記号

5 4 1

F I

G 2 1 F 9/36

G 2 1 C 19/06

テマコード\* (参考)

5 4 1 A

S

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願2000-114765(P2000-114765)

(22) 出願日 平成12年4月17日 (2000. 4. 17)

(71) 出願人 000003621

株式会社竹中工務店

大阪府大阪市中央区本町4丁目1番13号

(72) 発明者 持田 哲雄

千葉県印西市大塚1丁目5番地1 株式会  
社竹中工務店技術研究所内

(72) 発明者 岡田 克也

千葉県印西市大塚1丁目5番地1 株式会  
社竹中工務店技術研究所内

(74) 代理人 100079049

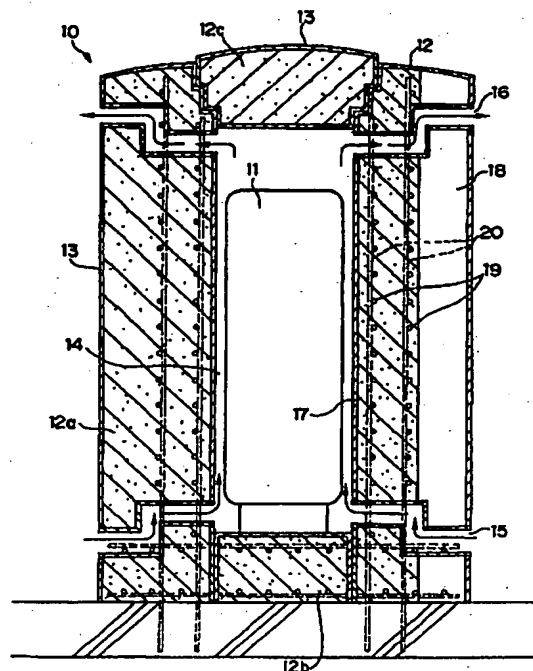
弁理士 中島 淳 (外3名)

(54) 【発明の名称】 放射性物質貯蔵設備

(57) 【要約】

【課題】 コンクリート遮蔽体の熱によるひび割れや、水分の損失を効果的に防止し、放射線遮蔽能力を長期間にわたって維持することができ、外部応力による損傷が少ない、耐久性に優れた放射性物質貯蔵設備を提供する。

【解決手段】 放射性物質を密封した密封体11の外側を円筒状のコンクリート製遮蔽体12で囲み、該密封体11と該遮蔽体12との間に空気流入空間14を設け、該空気流入空間の内部を流れる空気により放射性物質が発生する熱を除去する放射性物質貯蔵設備10であり、円筒状のコンクリート製遮蔽体12aの外周を鋼板などのライニング材13で被覆し、且つ、円筒状遮蔽体12の外周近傍にひび割れを誘発する屈曲した形状の仕切り板18を設けてなる。



BEST AVAILABLE COPY

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 放射性物質を密封した密封体の外側を円筒状のコンクリート製遮蔽体で囲み、該密封体と該遮蔽体との間に空気流入空間を設け、該空気流入空間の内部を流れる空気により放射性物質が発生する熱を除去する放射性物質貯蔵設備において、該円筒状のコンクリート製遮蔽体の外周をライニング材で被覆し、且つ、該円筒状のコンクリート製遮蔽体の外周近傍に温度ひび割れを誘発するための屈曲した形状の仕切り板を配置することを特徴とする放射性物質貯蔵設備。

【請求項 2】 前記円筒状のコンクリート製遮蔽体の内側領域に円周方向及び鉛直方向の補強鉄筋を配置することを特徴とする請求項 1 に記載の放射性物質貯蔵設備。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は放射性物質を密封した密封体から出る放射線を遮蔽するための放射性物体貯蔵容器、放射性遮蔽構造物等の放射性物質貯蔵設備に関し、詳細には熱及び外部雰囲気条件による遮蔽体の劣化を防止し、放射線遮蔽性能及び耐久性に優れ、且つ、外部荷重による損傷が少ないメンテナンス容易な放射性物質貯蔵設備に関する。

## 【0002】

【従来の技術】原子力発電所から発生する使用済燃料集合体を、解体処理すると共にプルトニウム等の再度燃料として使用できる有用物質を回収するため、再処理する計画がある。従来、このような使用済燃料は、その再処理を行うまでの間、原子炉の燃料集合体プール等に一次保管されてきたが、年々増大する使用済燃料によりプール等の保管設備の収容能力が限界に達するおそれがある。そこで、再処理を行うまでの間、安全に、安価にかつ取り出し可能な状態で使用済燃料を長期間保管できる設備が必要となってきた。

【0003】このような設備として空気による自然冷却を行う乾式法の開発が進められ、プールに比べて運転コストの低いことが注目されている。乾式法は、溶接密封金属容器（以下、キャニスタという）を用いた方法と輸送キャニスタに似た金属キャスク法との 2 つに大きく分類される。キャニスタ方式は、さらに多数のキャニスタを 1 つの貯蔵設備で遮蔽するボルト方式と、1 つのキャニスタを 1 つのコンクリート構造物で遮蔽するサイロ若しくはコンクリートキャスク方式とに分けられる。それぞれの方式に一長一短があるが、低コストであることから近年米国ではコンクリートキャスク方式が注目されてきている。図 3、及び図 4 は従来のコンクリートキャスク方式に使用されるコンクリートモジュールの水平方向及び垂直方向の概略断面図を示している。

【0004】このコンクリートモジュール 30 は、キャニスタ 31 とコンクリート遮蔽体 32 とから基本的に構成されている。キャニスタ 31 は使用済燃料集合体を複

数封入した溶接密封構造であり、封入した内部の放射性物質が外部に漏洩しない構造を有し、円筒状に形成されている。このキャニスタ 31 は円筒状のコンクリート製の遮蔽体 32 の中に装荷される。キャニスタ 31 と遮蔽体 32 との間には冷却空気流路 33 を形成する一定のギャップが設けられている。この冷却空気流路 33 に外部空気を導入するために、遮蔽体 32 の底部側には冷却空気入口 34 が設けられ、遮蔽体 32 の上部側には冷却空気出口 35 が設けられている。また、遮蔽体 32 の冷却空気流路 33 の内面には金属製のライナー 36 が設けられている。

【0005】通常、使用済燃料からは崩壊熱に伴う発熱と放射線の発生を伴う。従って、このコンクリートモジュール 30 では使用済燃料の冷却、放射線の遮蔽、放射性物質の密封性能が必要になる。コンクリートキャスク方式では、冷却はキャニスタ 31 と遮蔽体 32 間の冷却空気流路 33 を流れる空気、遮蔽は遮蔽体 32 で、密封はキャニスタ 31 で担保する。また、コンクリートモジュール 30 の強度も遮蔽体 32 で担保される。ここで、密封では絶対に放射性物質が外部に漏洩しないこと、遮蔽では貯蔵施設内や施設外の放射線量が法律に規定された基準値以下であること、冷却では、貯蔵期間中、キャニスタの表面温度やコンクリート製遮蔽体 32 の温度がキャニスタやコンクリートの性状に悪影響を与えないようにすることが要求されている。

【0006】ところで、従来のコンクリート製遮蔽体では、外表面は常温であるが、内表面は使用済燃料からの崩壊熱により高温となり、内外表面における温度差が大きくなって、熱応力（内周部で圧縮応力、外周部で引張応力）が作用し、外周部での引張り応力がコンクリートの引張り強度より大きくなることが多く、このため外周部にひび割れが発生する要因となっている。過度にひび割れが発生した遮蔽体は耐久性や放射線遮蔽性能が低下して、使用に適さなくなるという問題があった。この熱によるひび割れの影響を防止するため、例えば、周知の技術としてプレストレスト導入し熱応力による引張力をキャンセルする方法がある。また、特開平 7-27897 号公報、同 8-43591 号公報には、キャニスタと遮蔽体との間に遮熱板或いは遮蔽体内部にヒートパイプを配置する構造が開示されている。このような構造においては、プレストレスト導入工法は技術的には可能であるが高コストであり、遮熱板やヒートパイプによればコンクリート遮蔽体の内部温度の上昇をある程度抑えることは期待できるが、内外面温度差やコンクリートの乾燥収縮によりコンクリート遮蔽体の外表面に発生するひび割れや外表面より進むコンクリートの経年劣化（中性化、塩分の浸入等）を防止することは困難であり、さらに、高コストであるという問題があった。

【0007】このような温度差による劣化の問題のみならず、従来の鉄筋コンクリート製放射性物質貯蔵設備で

10

20

30

40

50

は、コンクリート遮蔽体が高温環境下に置かれるため、乾燥によりコンクリート中の水分が徐々に失われ、中性子線に対する遮蔽効果が長期的なスパンではあるが、経時により低下するという共通の問題がある。このため、低コストで、長期間にわたり遮蔽性能の低下が無く、耐久性に優れ、さらに、外部からの荷重に対する安全性にも優れた放射性物質貯蔵設備が切望されていた。

#### 【0008】

【発明が解決しようとする課題】本発明はこのような背景に鑑みてなされたものであり、本発明の目的はコンクリート遮蔽体の放射能遮蔽性能に影響を与えるようなひび割れや、水分の損失を効果的に防止することにより、放射線遮蔽能力を長期間にわたって維持することができ、且つ、外荷重による損傷が少ない、耐久性に優れた放射性物質貯蔵設備を提供することにある。

#### 【0009】

【課題を解決するための手段】本発明者らは鋭意検討の結果、円筒状のコンクリート遮蔽体の外周面を鋼板などのライニング材で被覆し、外周部近傍に温度ひび割れ誘発用の仕切り板を配置することで、前記問題を解決し得ることを見出し、本発明を完成した。即ち、本発明の放射性物質貯蔵設備は、放射性物質を密封した密封体の外側を円筒状のコンクリート製遮蔽体で囲み、該密封体と該遮蔽体との間に空気流入空間を設け、該空気流入空間の内部を流れる空気により放射性物質が発生する熱を除去する放射性物質貯蔵設備において、該円筒状のコンクリート製遮蔽体の外周を鋼材などのライニング材で被覆し、且つ、その外周近傍に、温度ひび割れを誘発するための屈曲した形状の仕切り板を配置してなることを特徴とする。

【0010】本発明によれば、コンクリート製遮蔽体の外周を被覆するライニング材が内部コンクリートを拘束する役割を果たし、強度向上を図れるとともに、外周部に被覆層を設けることでコンクリート表面からの水分の損失を抑制することができ、水分の損失に伴う中性子線に対する遮蔽効果の低下を防止することができる。さらに、円筒状のコンクリート製遮蔽体の外周近傍に、温度ひび割れを誘発するための屈曲した形状の仕切り板を配置することにより、この仕切り板に沿って温度ひび割れを誘発させ、放射線遮蔽性能に影響を与えるような貫通ひび割れ等を防止することができるとともに、ひび割れの間を通る放射線の透過を防止することができる。本発明の放射性物質貯蔵設備において、円筒状のコンクリート製遮蔽体の外周部を被覆する金属性ライナーなどのライニング材にメンブレン構造要素として、内部コンクリートを拘束する役割を付与するとともに、さらに、円筒状のコンクリート製遮蔽体の内側領域には、円周方向及び鉛直方向の補強鉄筋を配置することで、地震などの外部荷重に対する抵抗性を向上させる態様をとることが好ましい。

#### 【0011】

【発明の実施の形態】以下に、本発明を詳細に説明する。本発明の放射性物質貯蔵設備は、放射性物質を密封した密封体の外側に配置される外周表面をライニング材により被覆してなる円筒状のコンクリート製遮蔽体と上下の円板より構成し、該密封体と該遮蔽体との間に空気流入空間を設け、該空気流入空間の内部を流れる空気により放射性物質が発生する熱を除去し、円筒状遮蔽体を構成する金属製のライニング材と、好ましくは内部に鉄筋による補強構造を設けたコンクリートにより、コンクリート遮蔽体の内外面温度差による熱応力や放射性物質貯蔵設備に作用する地震等の外部応力に抵抗する構造を実現したものである。

【0012】以下、図面を参照し、本発明の態様を具体的に説明する。図1及び図2は本発明の第1の実施の形態に係る放射性物質貯蔵設備10の水平方向の概略図及び垂直方向の概略断面図を示す。この放射性物質貯蔵設備10は、キャニスタ11とコンクリート遮蔽体12から構成される。キャニスタ11は円筒状であり、内部には放射性物質が密封されている。

【0013】コンクリート製遮蔽体12は、外周表面をライニング材13で被覆された鉄筋コンクリート製の円筒部分12aとこれを支持する厚肉円板（下蓋）12b、及び、キャニスタ搬入出口の上蓋12cより構成されている。遮蔽体12の内径とキャニスタ11の外径との間の間隙は冷却空気流路14として機能する。

【0014】外周に使用されるライニング材13としては、公知のもの、例えば、鋼板等の金属板、高強度エンジニアリングプラスチック、繊維補強プラスチック等の成形体、炭素繊維や高強度ポリアミド系繊維などで補強した帯状の樹脂板や金属板を巻きつけてなるライニング材などを適宜選択して使用することができるが、強度、耐久性を考慮すれば、一般構造用圧延鋼材、溶接構造用圧延鋼材などの鋼板等が好ましく挙げられる。また、ライニング材の厚みには特に制限はないが、鋼板を用いる場合には、効果と経済性の観点から、一般的には、5～20mmの範囲であることが好ましく、さらに、10～15mmの範囲が好適である。ライナー13の厚みが薄すぎると強度の向上効果が不十分となり、厚すぎると経済性の観点から好ましくない。

【0015】遮蔽体12の下側には、遮蔽体外部と冷却空気流路14を連通するための単数又は複数の冷却空気流路15が形成されている。この入り口側の冷却空気流路15は、外側に水平に形成された第1水平部、第1水平部の内側の端部から上に伸びる垂直部、及び垂直部の上側端部から内側に水平に伸びる第2水平部から構成されている。第1水平部の上面は第2水平部の下面と同一平面上に又は第2水平部の下面の下側に位置し、これにより第2水平部を通った放射線が屈曲部の壁面で反射されて外部に漏洩しないようになっている。なお、各水平

部は内側になるにつれて上に傾斜してもよい。遮蔽体 12 の入口側の冷却空気流路 15 より上側の内部には図示しない複数の突起が形成されており、この突起によりキャニスタ 11 が遮蔽体 12 に支持される。

【0016】また、遮蔽体 12 の上部には、遮蔽体の下側に形成された冷却空気流路（入口側）15 に対向する位置に冷却空気流路（出口側）16 が形成されている。この冷却空気流路（出口側）16 は内側に水平に形成された第 1 水平部、第 1 水平部の外側の端部から上に伸びる垂直部、及び垂直部の上側端部から外側に水平に伸びる第 2 水平部から構成されている。第 1 水平部の上面は第 2 水平部の下面と同一平面上に又は第 2 水平部の下面の下側に位置し、これにより第 1 水平部を通った放射線が屈曲部の壁面で反射されて外部に漏洩しないようになっている。なお、各水平部は外側になるにつれて上に傾斜してもよい。これらの冷却空気流路（入口）15 及び冷却空気流路（出口側）16 の内側には、ライニング材 13 が取り付けられている。なお、キャニスタ 11 に面する内周面のライニング材 17 には、遮蔽体 12 の温度上昇による劣化を抑制するため、必要に応じてセラミック系等の断熱材を設置することもできる。

【0017】冷却空気は冷却空気流路（入口）15 から遮蔽体内部の下側に導入され、冷却空気流路 14 を通過する際に遮蔽体 12 内に装填されたキャニスタ 11 を冷却し、自然対流により遮蔽体内を上昇して冷却空気流路（出口側）16 から排気される。この過程において、キャニスタ 11 内の放射性物質から出る崩壊熱は、冷却空気流路 14 を通る空気の自然対流により外部に排出されると共に、崩壊熱の一部はコンクリート製遮蔽体 12 を構成するコンクリートに伝達される。本発明によれば、円筒状のコンクリート製遮蔽体 12 a の表面は鋼板等のライニング材 13 で覆われており、コンクリートの中性化や飛来塩分の侵入等による耐久性の低下を防止できるとともに、コンクリート中の水分が外部に逸散しないため、中性子線等に対する遮蔽性能の低下を防止できる。

【0018】本態様では、円筒状遮蔽体 12 a の外周表面を被覆するライニング材 13 の近傍に円筒の半径方向に屏風状の仕切り板 18 を設置している。この屈曲した形状の仕切り板 18 に沿って温度ひび割れを誘発することにより、ひび割れの間を通した放射線の直線的な透過を防止し、遮蔽性能を確保することができる。この仕切り板 18 は、円筒部 12 a を周方向に等分割するよう設置することが望ましく、設置箇所数は 6 ないし 8ヶ所程度が適当と考えられるが、これに制限されるものではない。なお、仕切り板 18 の形状は、本態様では屏風状のものを採用しているが、屈曲した形状を有するものであれば、仕切り板近傍に生じる可能性のあるコンクリートの温度ひび割れに対して、キャニスタ 11 より発せられる放射線が温度ひび割れを透過しない程度の大きさを有する限りにおいて、その形状に特に制限はなく、波形状、

屏風状あるいはこれらと同等の屈曲した任意の形状を選択することができる。これらを考慮すれば、仕切り板 18 は、厚み 10～20mm 程度、屈曲のピッチが 100～300mm 程度であることが好ましい。

【0019】また、仕切り板 18 の表面には、仕切り板とコンクリートとのずれを防止し、コンクリートのせん断力の伝達を図る目的で、凹凸を設けることが好ましい。この凹凸の態様としては、例えば、厚さ 5～10mm、直径 20～30mm 程度の円板状の凸部を、仕切り板の表面にピッチ 50mm 程度に設ける態様等が挙げられる。仕切り板 18 の材質としては、形成する凹凸や屈曲形状の加工容易性や放射性物質貯蔵設備構築時の施工性及び各種放射線に対する遮蔽性能を考慮すると、繊維補強モルタル等のセメント系成型板やセラミック系成型板等の無機質材料を用いることが適当である。また、所定の凹凸形状を形成した鋼板を用いることも可能である。

【0020】本態様では、強度を確保するために鉄筋コンクリート構造の遮蔽体の構成を採用しており、円筒状のコンクリート遮蔽体 12 a の内側領域には、円周方向の補強鉄筋 19 と鉛直方向の補強鉄筋 20 が配置されている。このように鉄筋コンクリート構造の円筒状遮蔽体 12 a に屈曲形状の仕切り板 18 を配置する場合には、図 2 に示すように、円筒状遮蔽体 12 a の外周部近傍に仕切り板 18 を配置して、ひび割れの防止を図るとともに、内周部近傍に補強鉄筋 19、20 を設ければよい。このような構造とすることで、円筒部 12 a を地震荷重に対する抵抗要素として利用することができる。また、遮蔽体 12 a 外周部表面のライニング材 13 をメンブレン構造要素として、内部コンクリートを拘束する役割を付与することにより、ひび割れや外力に対する抵抗力を向上させることができる。

【0021】このような構造とすることで、コンクリート遮蔽体円筒部 12 a の外側領域は主として放射線の遮蔽に寄与し、内側領域は放射線の遮蔽と地震時の抵抗要素との二つの機能を有する領域となる。これらの区分、すなわち、仕切り板 18 の長さや配置数、補強鉄筋の強度（太さ、材質）や配置の位置、配置ピッチは、コンクリート遮蔽体の受ける温度条件や付与すべき耐震性能に応じて適宜決めればよい。

【0022】ここで、この円筒状コンクリート製遮蔽体 12 a の製造方法について説明する。円筒状遮蔽体 12 a を形成する際に、型枠として前記ライニング材 13 と金属製ライナー 17 を使用し、内部に補強用鉄筋 19、20 を配置して、内周部の金属製ライナー 17 と外周部のライニング材 13 とを、例えば、タイバー等により一定の間隔を有するように固定し、このライニング材 13 と金属製ライナー 17 で形成された二重円筒を型枠としてその中に遮蔽体を形成するためのコンクリートを打設し、硬化させて円筒状のコンクリート製遮蔽体 12 a を

製造する。このとき、内部に仕切り板 18 も予め配置することで、仕切り板 18 と内部コンクリートとの一体化を図ることができる。この方法によれば、ライニング材 13 と金属製ライナー 17 がコンクリート打設時の型枠を兼ねるため、型枠材料が不要となり、工期の短縮も達成することができる。

【0023】本発明の遮蔽体 12 を構成するコンクリートとしては、公知のものを適宜、使用することができ、その製造方法としては、例えば、ミキサーにセメント及び細骨材・粗骨材を順次投入して数秒間空練りをした後、必要に応じて、セメント分散材や減水剤等の添加剤を水とともに加えて練り混ぜ、得られたペースト状のコンクリート組成物を型枠に打設して製造する方法が挙げられる。

【0024】ここで、使用可能なセメントとしては、普通セメント、早強セメント、中熱ポルトランドセメント等の各種ポルトランドセメントのほか、高炉セメント、フライアッシュセメント、シリカフェームセメント等の各種混合セメントを使用できる。また、必要に応じて、本発明の効果を損なわない範囲で、これらのセメントに、高炉スラグ微粉末、珪石粉、石灰石粉、シリカフェーム微粉末等の無機質粉体を添加して用いることもできる。

【0025】なお、コンクリート遮蔽体の製造に際し、凝固時に膨張性のあるコンクリートを使用することにより、膨張が周囲のライニング材により拘束されるため、コンクリート遮蔽体に圧縮力が導入され、温度ひび割れ防止や低減に効果的である。このような膨張性のあるコンクリートとしては、アルミナ粉を主成分とする膨張剤を添加した膨張コンクリート等が挙げられる。

【0026】前記実施態様の利点としては、放射性物質貯蔵容器表面がライニング材で被覆され、コンクリート面が露出しないため、耐久性が向上し、また、外周面にライニング材が存在するため、地震等の外部荷重を受けても損傷が少なく、また、ひび割れも露出しないため、地震等の災害が起こった後も引き続き使用できる可能性

が大きい点、貯蔵容器全体がライニング材に覆われているため、維持・保守が、定期的な鋼板の塗装程度ですみ、メンテナンスが容易である点、外周表面のライニング材によりコンクリート中の水分の逸散が防止されるため、長期間にわたり中性子線等に対する遮蔽効果が維持される点、などが挙げられる。

#### 【0027】

【発明の効果】本発明の放射性物質貯蔵設備によれば、キャニスタの発熱によるコンクリート遮蔽体の劣化を防止し、長期間にわたり耐久性や遮蔽性能に優れたメンテナンス容易な放射性物質貯蔵設備を構築することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の第 1 の実施の形態に係る放射性物質貯蔵設備の水平方向の概略断面図を示す。

【図 2】 図 1 の放射性物質貯蔵設備の垂直方向の概略断面図を示す。

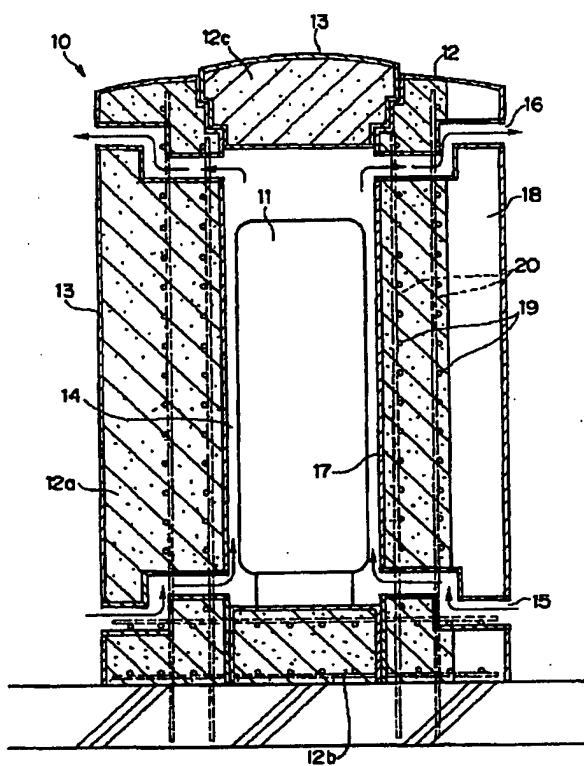
【図 3】 従来の放射性物質貯蔵設備の水平方向の概略断面図を示す。

【図 4】 図 3 の放射性物質貯蔵設備の垂直方向の概略断面図を示す。

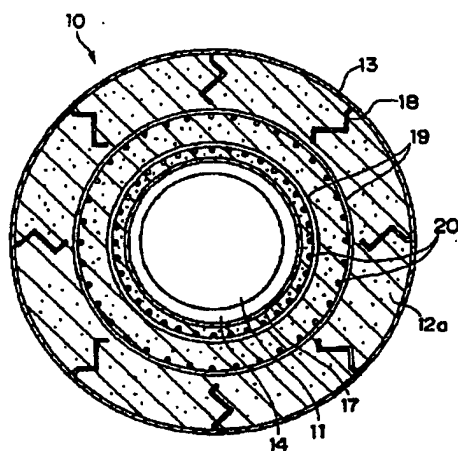
#### 【符号の説明】

- 10 放射性物質貯蔵設備
- 11 キャニスタ
- 12 コンクリート製遮蔽体
- 12 a 円筒状のコンクリート製遮蔽体
- 12 b 遮蔽体の下蓋
- 12 c 遮蔽体の上蓋
- 13 ライニング材（外周表面）
- 14 間隙（冷却空気流路）
- 15 入口側の冷却空気流路
- 16 出口側の冷却空気流路
- 17 金属製ライナー（内周表面）
- 18 仕切り板
- 19 円周方向の補強鉄筋
- 20 垂直方向の補強鉄筋

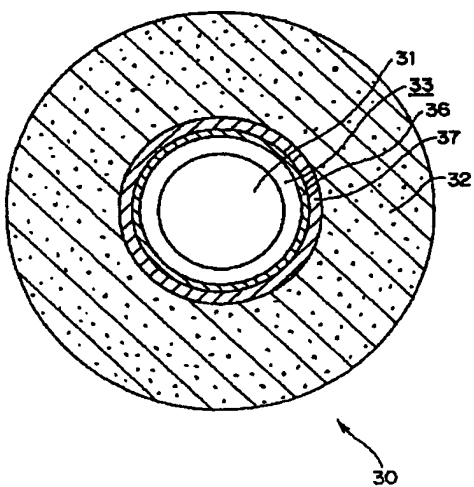
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

